Hőmennyiség és hőáram

A hőmennyiség (hő) hőmérséklet különbség hatására kialakuló energiaátadás. Nem energia, csak ahhoz hasonló, munkajellegű mennyiség. Mértékegysége: J (joule).

A Q hőáram az anyagon egységnyi idő alatt áthaladó hőmennyiség. Teljesítmény jellegű mennyiség. Mértékegysége: W (watt), ahol W=J/s:

$$Q = \frac{Hőmennyiség}{Idő} \qquad \left[W = \frac{J}{s} \right]$$

A Q hőáram arányos a λ hővezetési tényezővel, a hőáramlás irányára merőleges A felülettel, a $(t_1 - t_2)$ hőmérsékleteséssel, és fordítva arányos az anyag d vastagságával:

$$Q = A \times \frac{\lambda}{d} \times (t_1 - t_2) \quad [\mathrm{W}] \quad [\mathrm{W}]$$

A λ hővezetési tényező anyag-jellemző

A hővezetési tényező definíciója: Állandósult egyirányú hővezetés esetén a hővezetés irányában egységnyi anyag-vastagságra jutó, egységnyi hőmérsékletesés hatására, egységnyi idő alatt, egységnyi felületen áthaladó hőmennyiség.

Egységnyi felületre eső hőáram

Az egységnyi felületre eső q hőáram:

$$q = \frac{\lambda}{d} \times (t_1 - t_2) \quad \left[\frac{W}{m^2}\right]$$

Ebből egyenlet rendezéssel a $(t_1 - t_2)$ hőmérsékletesés (hőmérséklet-különbség):

$$q \times \frac{d}{\lambda} = (t_1 - t_2) \quad [K\ (kelvin)]$$

Az $R = d/\lambda$ hányadost hővezetési ellenállásnak nevezzük, mértékegysége: m^2K/W.

Réteges szerkezet esetén az egyes rétegek hőmérséklet-különbségeit össze kell adni, például három réteg esetén:

$$q \times \left(\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3}\right) = (t_1 - t_4) \quad [K\ (kelvin)]$$

Hőátadási tényező

Ha a szilárd test felületével gáz (esetünkben levegő) érintkezik, akkor az egységnyi felületre eső q hőáram:

$$q = \alpha \times (t_{levegő} - t_{szilárd\ test}) \qquad [W/m^2]$$

ahol α a hőátadási tényező, amelynek mértékegysége W/m^2K.

Külső, homlokzati falazat esetén,

- a falazat belső oldalán, a levegőből a falba belépő hőáram hőátadási tényezője:
  $\alpha_{belépő} = 8{,}1\ W/m^2K$
- a falazat külső oldalán, a falból a levegőre kilépő hőáram hőátadási tényezője:
  $\alpha_{kilépő} = 23{,}3\ W/m^2K$

Ebből a külső, homlokzati falazat hőátadási ellenállásainak R_α összege:

$$R_\alpha = R_{\text{belépő}} + R_{\text{kilépő}} = \frac{1}{\alpha_{\text{belépő}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{kilépő}}} = \frac{1}{8{,}1} + \frac{1}{23{,}3} =$$

$$= 0{,}12346 + 0{,}04292 = 0{,}16638 \left[\frac{\mathrm{m^2K}}{\mathrm{W}}\right]$$

Fajlagos (egységnyi felületre eső) hőáram falszerkezet esetén

Épület külső fala esetén a fajlagos (egységnyi felületre eső) *q* hőáram:

$$q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{belépő}}} + \Sigma\frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{kilépő}}}} \times \left(t_{\text{belépő}} + t_{\text{kilépő}}\right) =$$

$$= k \times \left(t_{\text{belépő}} + t_{\text{kilépő}}\right) \qquad [W/m^2]$$

Hőátbocsátási tényező

Az *U* a hőátbocsátási tényező (korábbi jele *k* betű volt) összefüggése:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{belépő}}} + \Sigma\frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{kilépő}}}} = \frac{1}{R_\alpha + \Sigma R_i} \qquad [W/m^2K]$$

ahol a $(R_\alpha + \Sigma\ R_i)$ a hőátadási és a hővezetési ellenállások összege, azaz a hőátbocsátási ellenállás.

Az U hőátbocsátási tényező szerkezet-jellemző, hiszen a rétegvastagságoknak is függvénye.

Követelmény, hogy emberi és állati tartózkodásra szolgáló, állandó jellegű, egész télen át fűtött épületek külső falazata esetén
a hőátbocsátási tényező értéke ***legfeljebb U = 0,45 W/m²K*** lehet (7/2006. (V. 24.) TNM rendelet).

Az Európai Unió a 2002/91 direktívájában kötelezően előírta a tagállamok részére, hogy az épületek energiateljesítményéről saját szabályozást hozzanak létre, és azt 2006. január 4-ig léptessék is életbe. Ennek az európai rendelkezésnek a hatására 2006. május 24-i dátummal megjelent a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. Rendelkezéseit a 2006. szeptember 1-je után induló építési engedélyezési eljárásokban kell alkalmazni.

A hőátbocsátási tényező 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet szerinti követelményértékei a következők:

Épülethatároló szerkezet	A hőátbocsátási tényező követelményértéke U [W/m²K]
Külső fal	0,45
Lapostető	0,25
Padlásfödém	0,30
Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,25
Alsó zárófödém árkád felett	0,25
Alsó zárófödém fűtetlen pince felett	0,50
Homlokzati üvegezett nyílászáró, tetősík-ablak (fa és PVC)	1,60
Homlokzati üvegezett nyílászáró (alumínium)	2,00
Homlokzati üvegezetlen kapu	3,00
Homlokzati és fűtött és fűtetlen terek közötti üvegezetlen ajtó	1,80
Tetőfelülvilágító	2,50
Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,50
Szomszédos fűtött épületek közötti fal	1,50
Talajjal érintkező fal 0 és -1 m között	0,45
Talajon fekvő padló a kerület mentén 1,5 m széles sávban (a lábazaton elhelyezett azonos ellenállású hőszigeteléssel helyettesíthető)	0,50

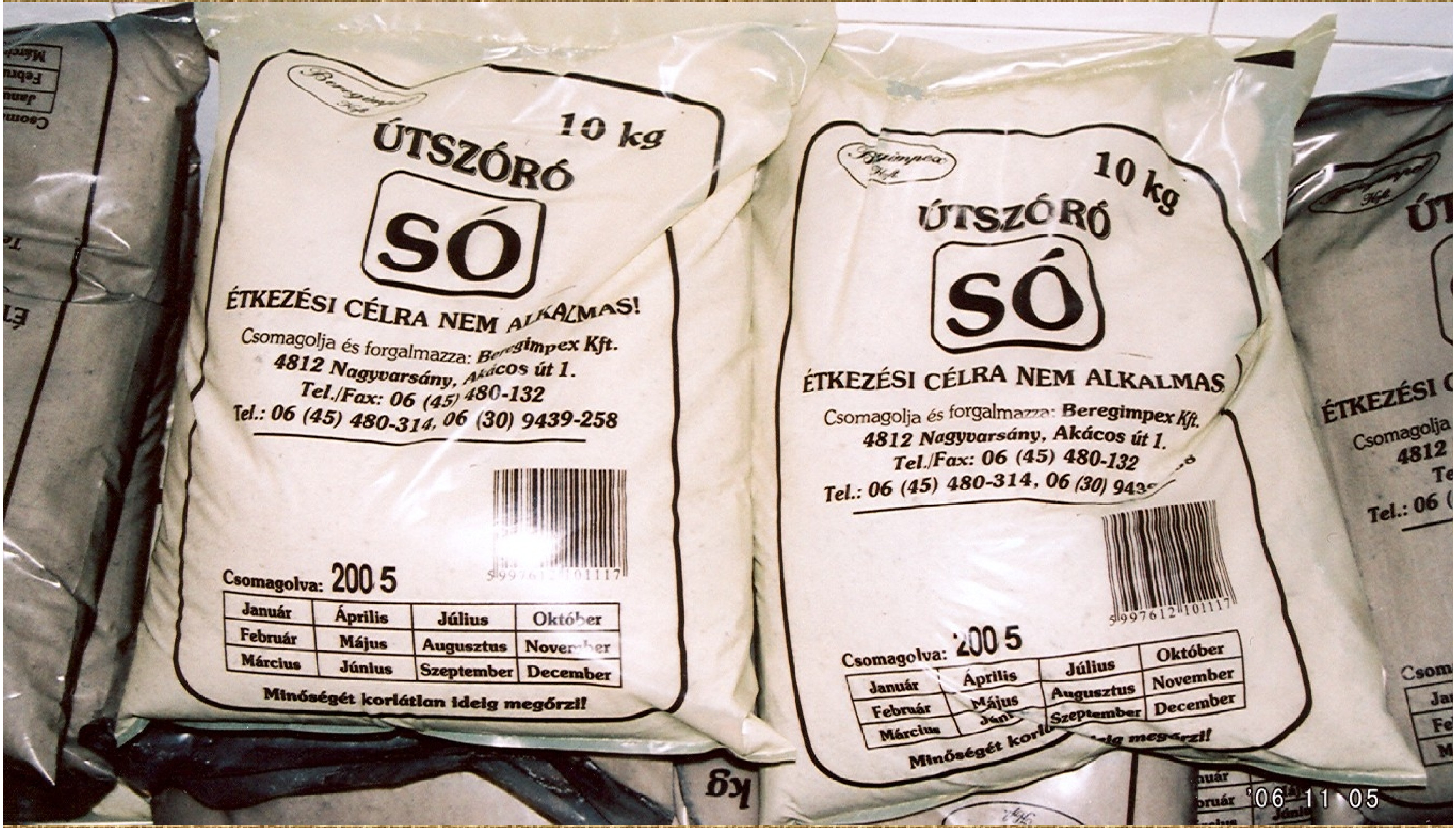
TEKINTSE MEG A*HŐTÁGULÁSMÉRÉSSEL* FOGLALKOZÓ OLDALUNKAT IS.

A SÓ (NÁTRIUM-KLORID) JÉGOLVASZTÓ HATÁSA

Bevezetés

A nátrium-klorid jégolvasztó hatása azon a jelenségen alapul, hogy bizonyos anyagok (esetünkben a víz és a nátrium-klorid só) két komponenses elegyének a fagyáspontja kisebb az összetevők fagyáspontjánál.

A jelenség a kétösszetevős rendszer fázisdiagramján ábrázolható.


10 kg
ÚTSZÓRÓ
SÓ
ÉTKEZÉSI CÉLRA NEM ALKALMAS!
Csomagolja és forgalmazza: Beregimpex Kft.
4812 Nagyvarsány, Akácos út 1.
Tel./Fax: 06 (45) 480-132
Tel.: 06 (45) 480-314, 06 (30) 9439-258
Csomagolva: 200 5
Január Április Július Október
Február Május Augusztus November
Március Június Szeptember December
Minőségét korlátlan ideig megőrzi!
'06 11 05

FOGALOM MEGHATÁROZÁSOK

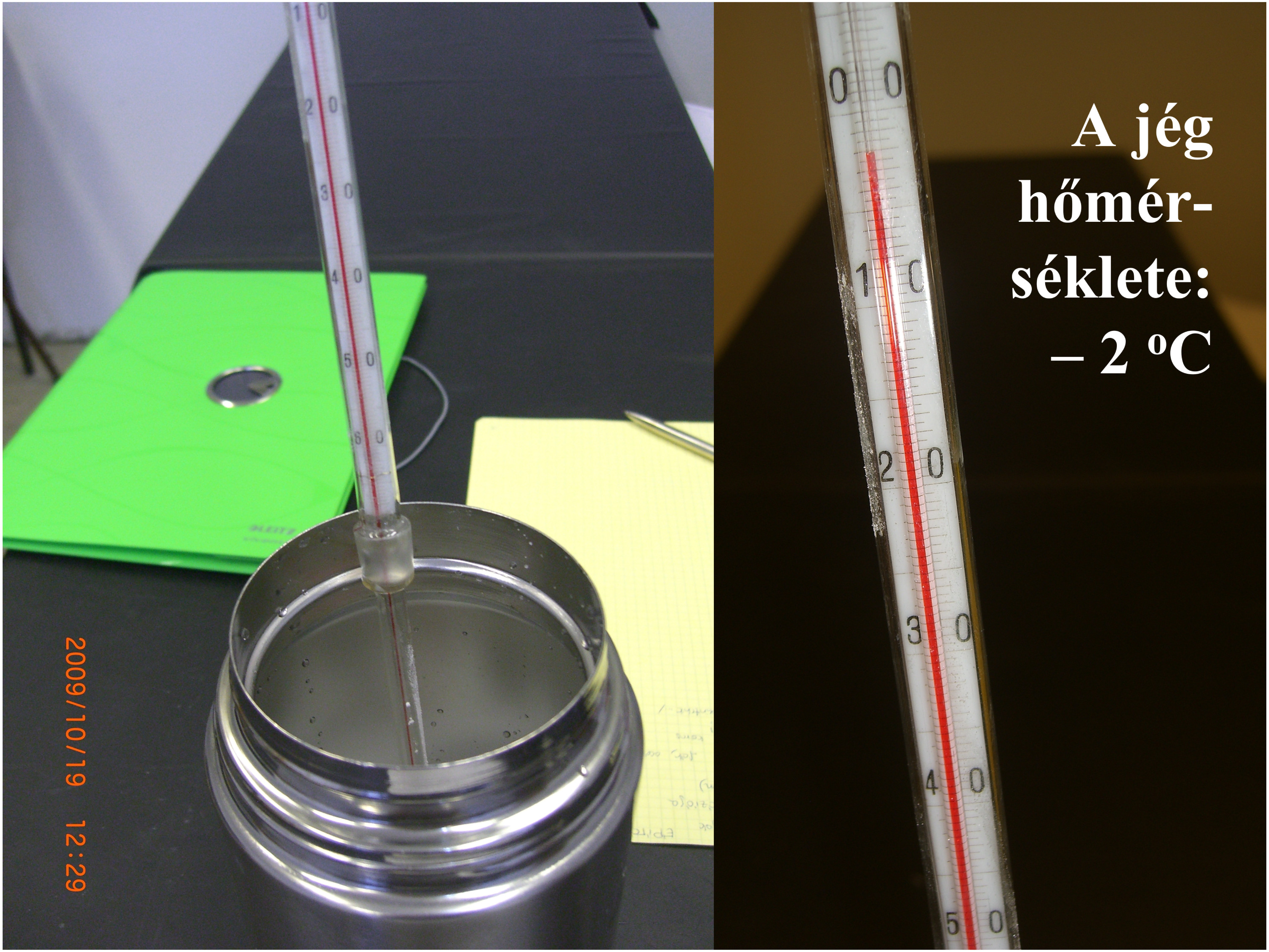
EUTEKTIKUM: Az eutektikum két vagy több komponens (elem és/vagy vegyület) és/vagy szilárd oldat szilárd halmazállapotú keveréke (például jég + só), amelynek az összetevőinél alacsonyabb a olvadáspontja. Az eutektikum az adott többkomponensű rendszerben a legkisebb olvadáspontnak megfelelő hőmérsékleten (izoterm folyamatban) homogén folyadékból, hőelvonás közben, ún. eutektikus fázisátalakulás (kristályosodás) során képződik.

A kifejezés görög eredetű, jelentése „könnyen olvadó”.

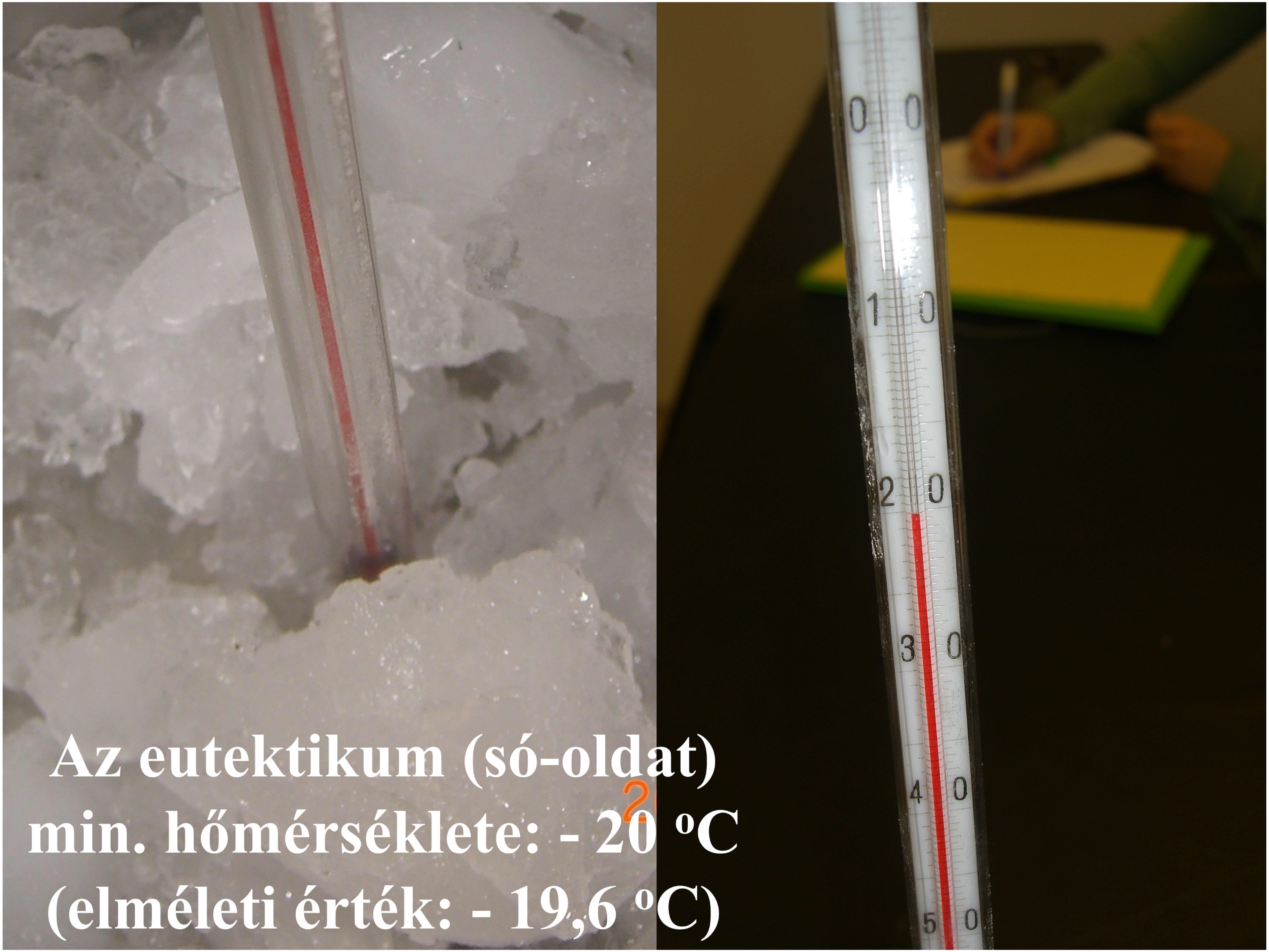
EUTEKTIKUS PONT: Az a legkisebb hőmérséklet, amelyen adott összetétel mellett két vagy több szilárd anyag keveréke (például jég+só) megolvad, illetve elegye (például sós víz) adott megfagy. Az eutektikus pontnál kisebb hőmérsékletű oldott, folyadék fázisú anyag a rendszerben nem fordulhat elő.

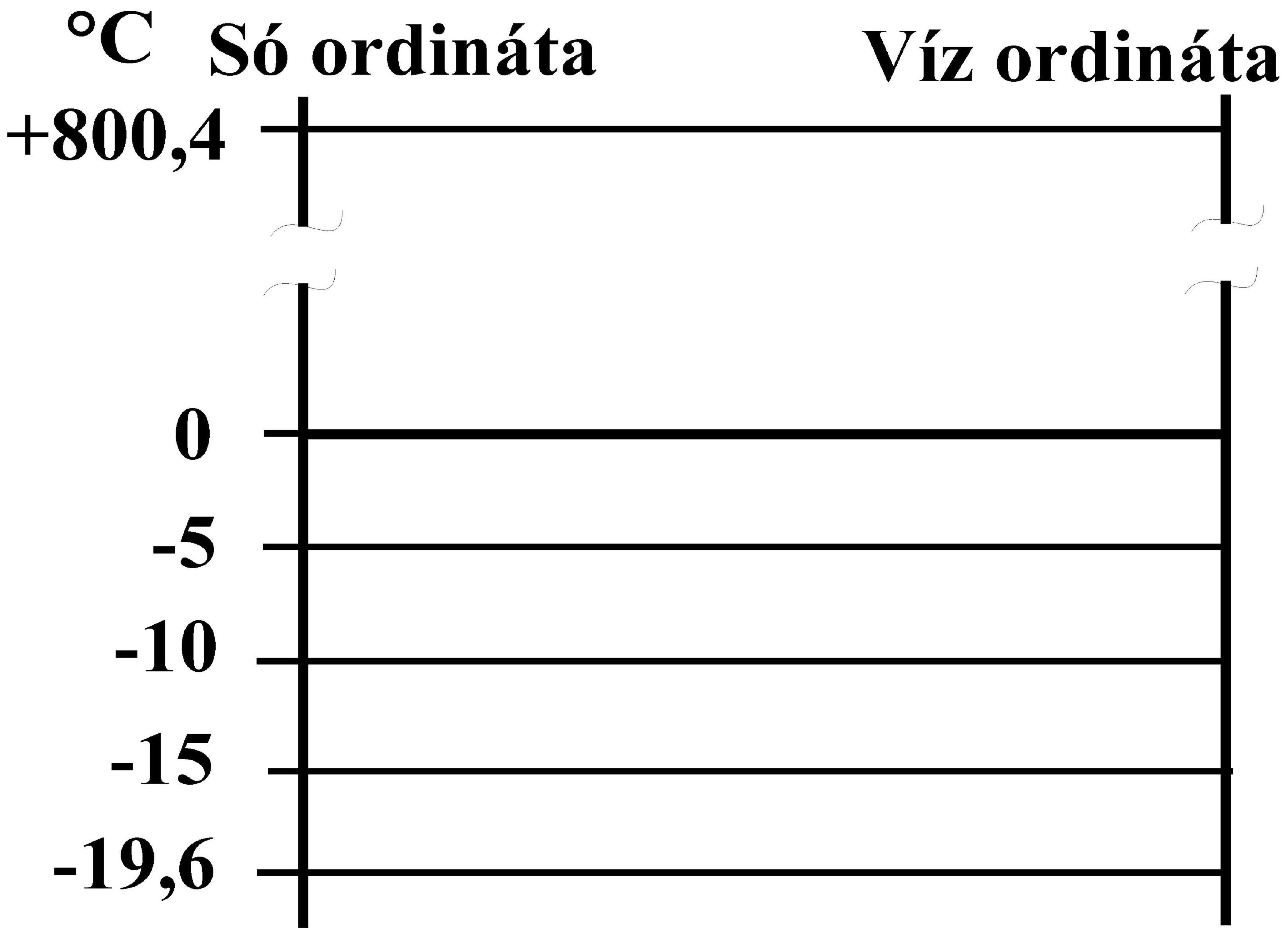
LKVIDUSZ GÖRBE a szilárd halmazállapotú keverék különböző összetételek melletti olvadási görbéje. Két anyag esetén két monoton csökkenő likvidusz görbe van, amelyek az eutektikus pontban metszik egymást.

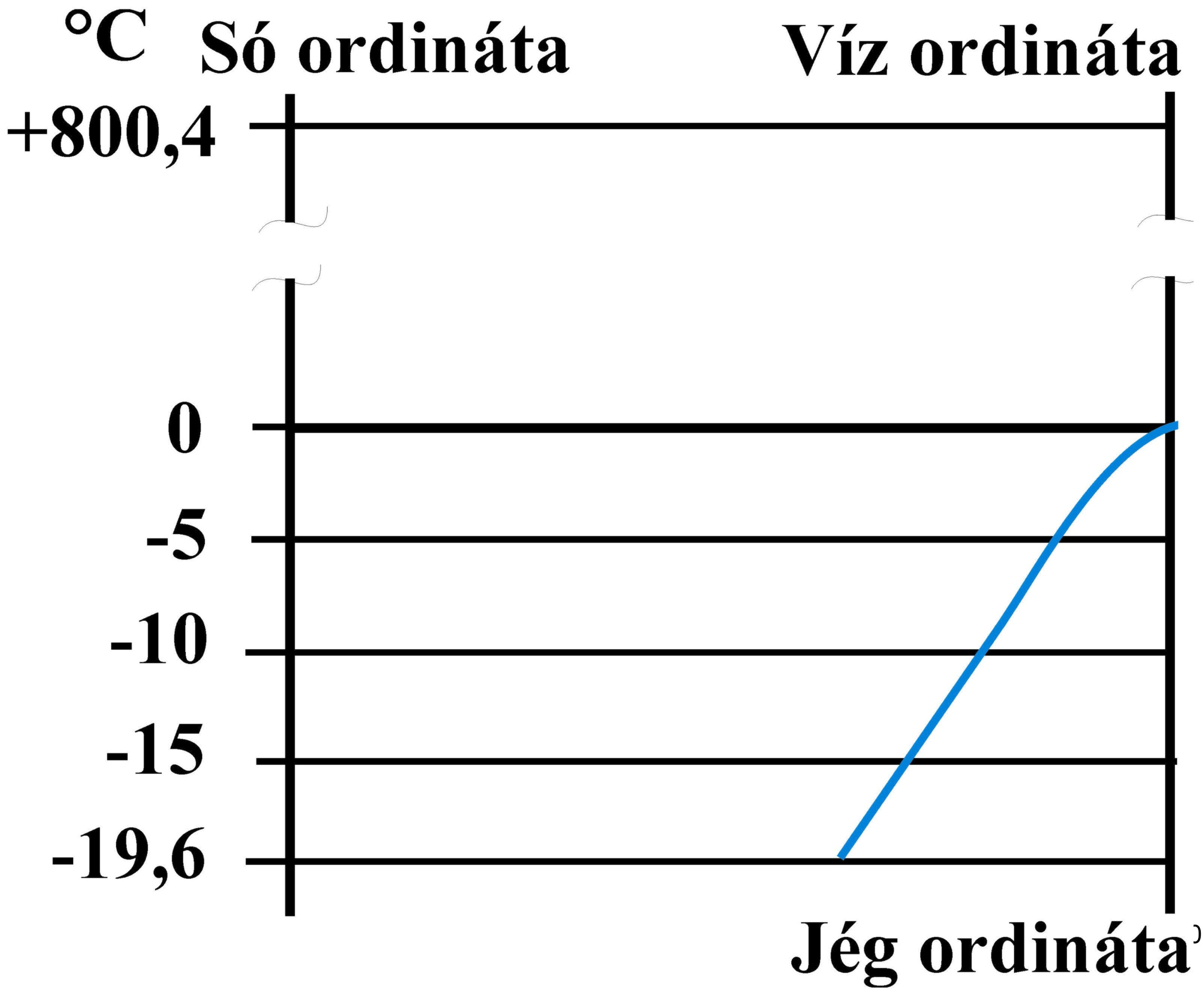
MEGJEGYZÉS: A kétösszetevős szilárd rendszerek olvadási tulajdonságait használják ki például az *üveggyártásnál*, amikor a homok (SiO_2) olvadási hőmérsékletét Na_2O adagolással csökkentik, vagy a *nyersvas gyártás során*, amikor az előkészített vasércet koksszal és olvadáspont csökkentő „hozaganyaggal" (mészkő, dolomit, bauxit) helyezik a kohóba, vagy amikor a *kerámiai máz* olvadáspontját bór-trioxid hozzáadásával csökkentik.

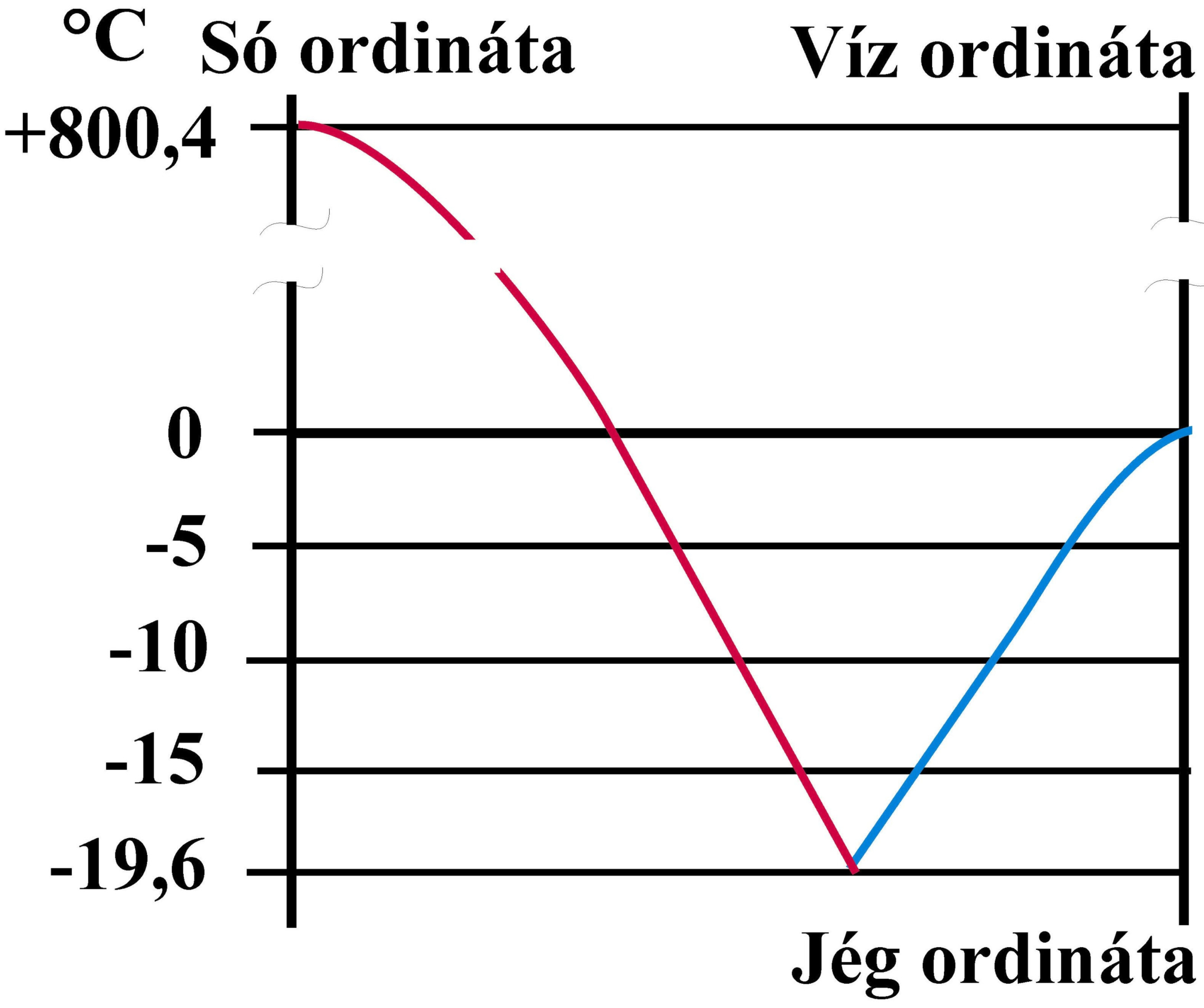

A jég hőmér-
séklete:
– 2 °C
2009/10/19 12:29

2009/10/19 12:30

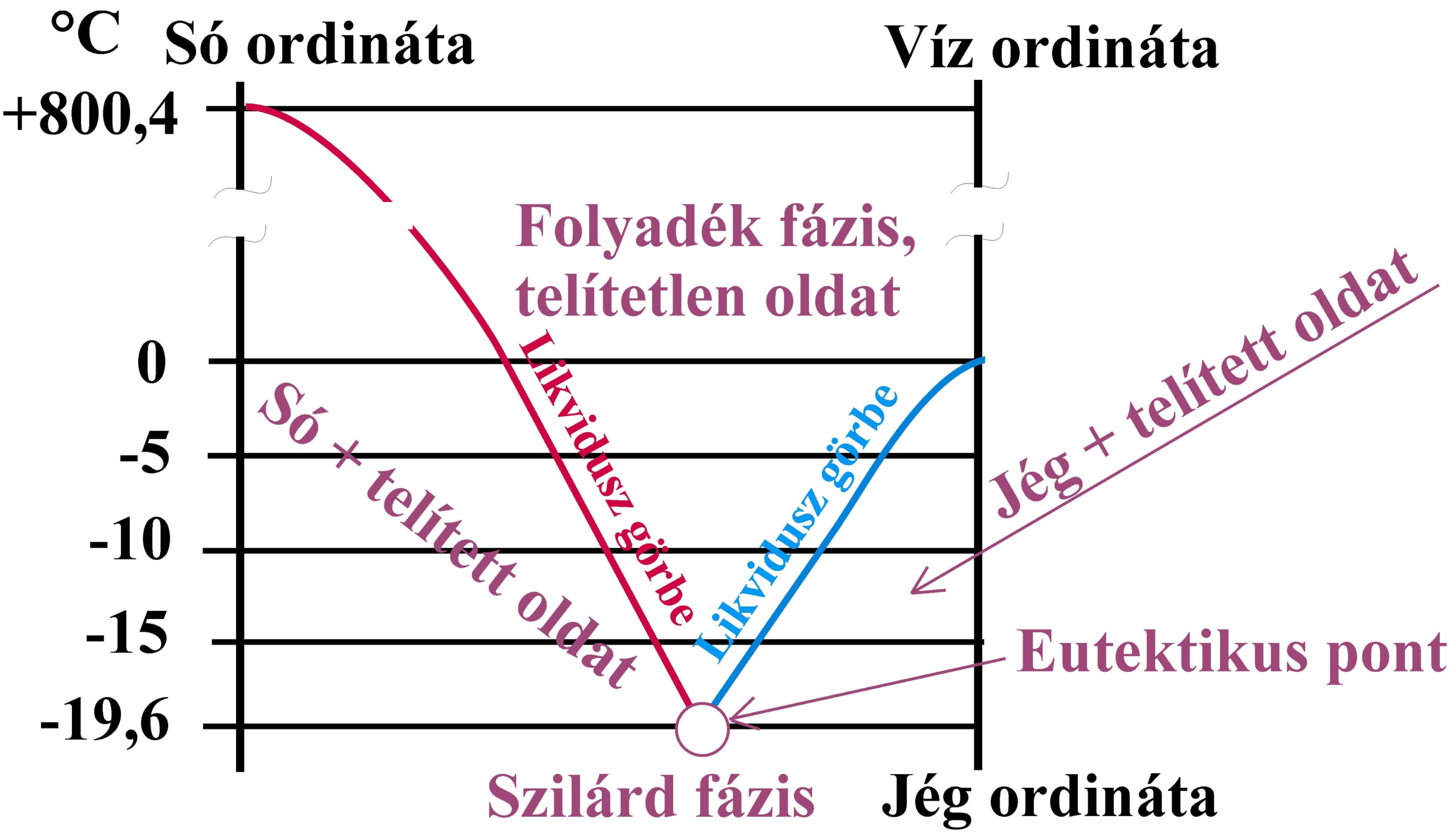

Az eutektikum (só-oldat)
min. hőmérséklete: - 20 ºC
(elméleti érték: - 19,6 ºC)

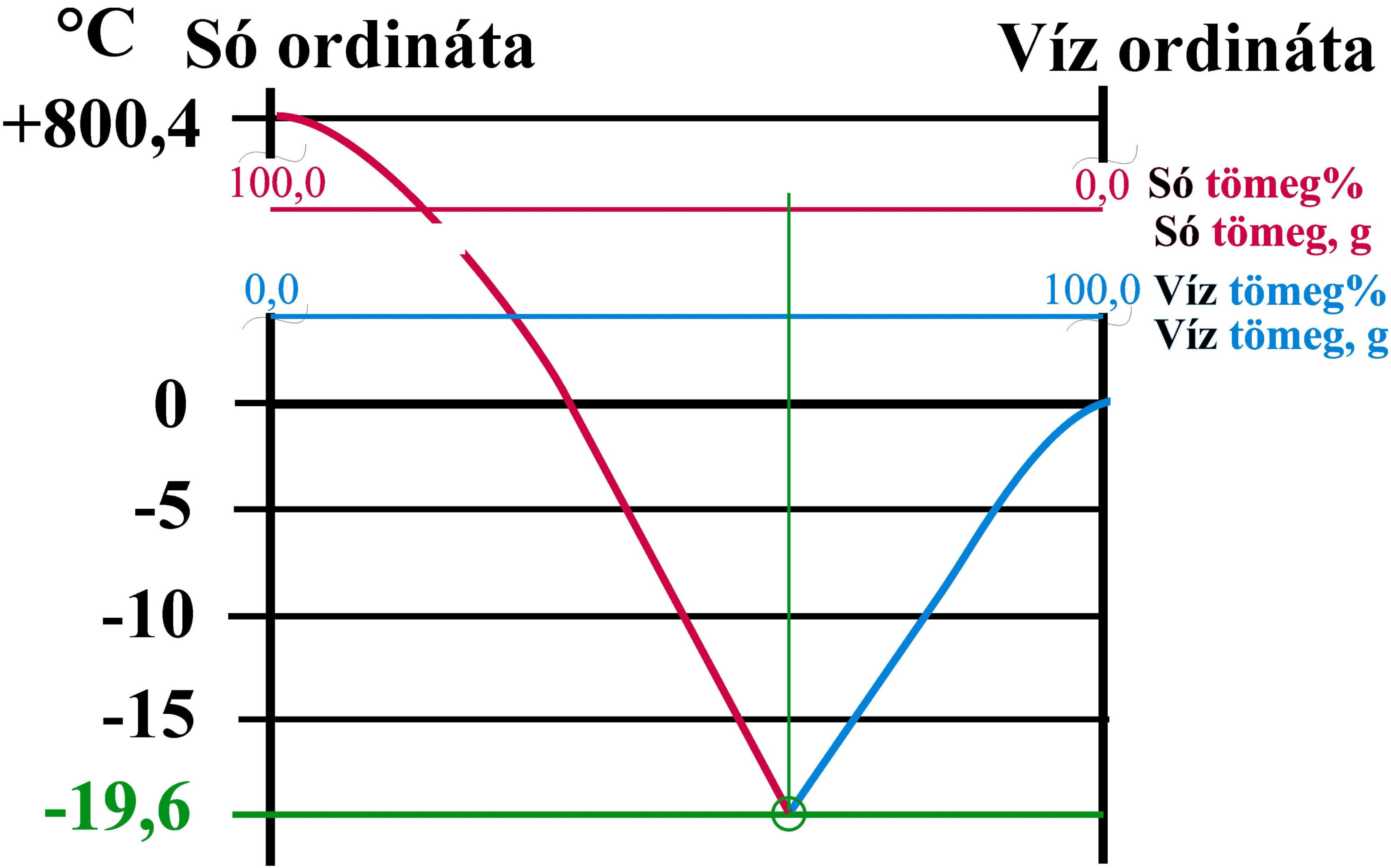

°C
Só ordináta
Víz ordináta
+800,4
0
-5
-10
-15
-19,6


°C
Só ordináta
Víz ordináta
+800,4
0
-5
-10
-15
-19,6
Jég ordináta

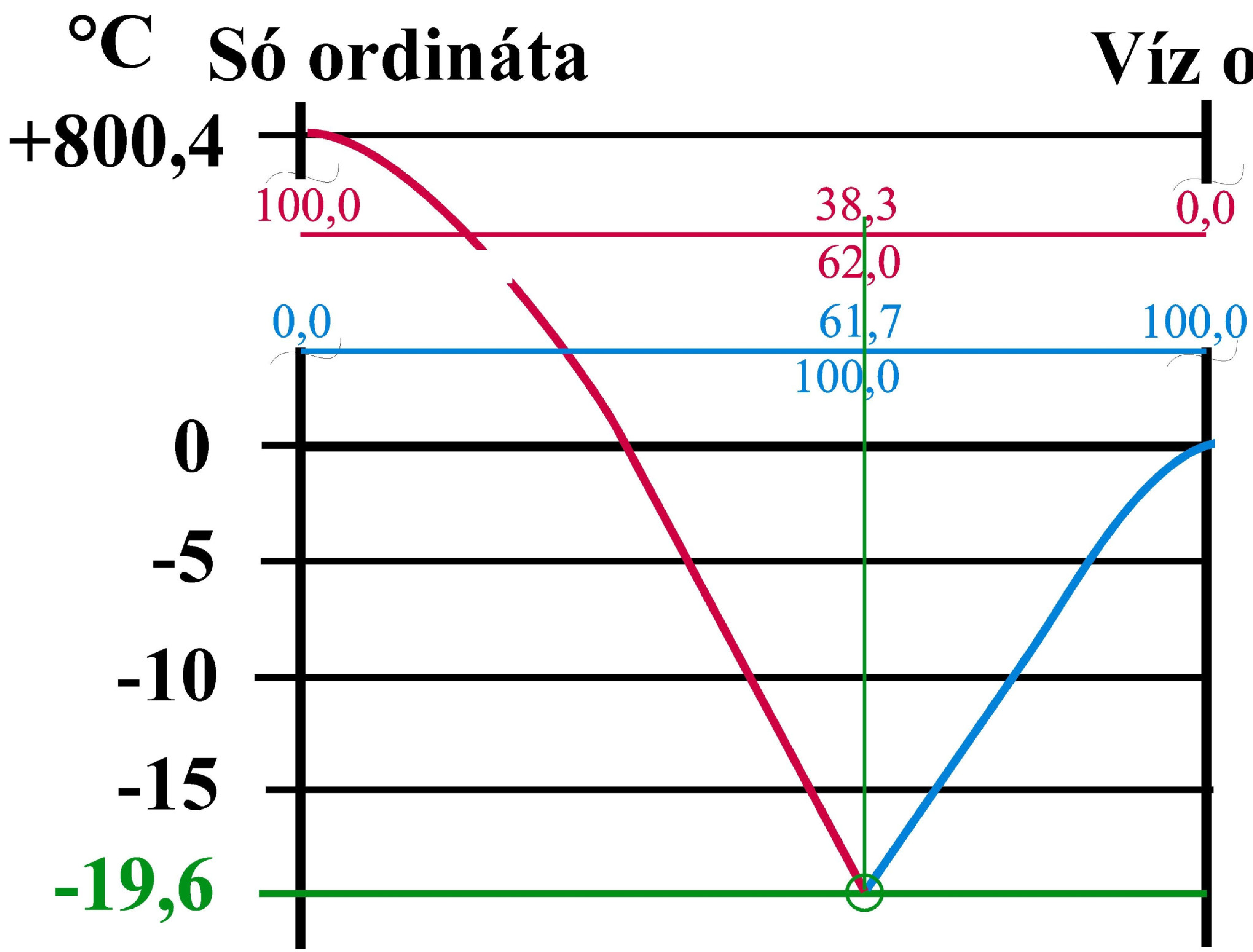


°C
Só ordináta
Víz ordináta
+800,4
0
-5
-10
-15
-19,6
Jég ordináta


°C
Só ordináta
Víz ordináta
+800,4
0
-5
-10
-15
-19,6
Folyadék fázis,
telítetlen oldat
Likvidusz görbe
Likvidusz görbe
Só + telített oldat
Jég + telített oldat
Eutektikus pont
Szilárd fázis
Jég ordináta


°C
Só ordináta
Víz ordináta
+800,4
100,0
0,0
Só tömeg%
Só tömeg, g
0,0
100,0
Víz tömeg%
Víz tömeg, g
0
-5
-10
-15
-19,6

°C
Só ordináta
Víz ordináta
+800,4
100,0
0,0
Só tömeg%
62,0
Só tömeg, g
0,0
100,0
Víz tömeg%
100,0
Víz tömeg, g
0
-5
-10
-15
-19,6
-19,6 °C hőmérsékleten
100 g jeget 62 g só
olvaszt meg teljesen



Só tömeg%

Só tömeg, g

Víz tömeg%

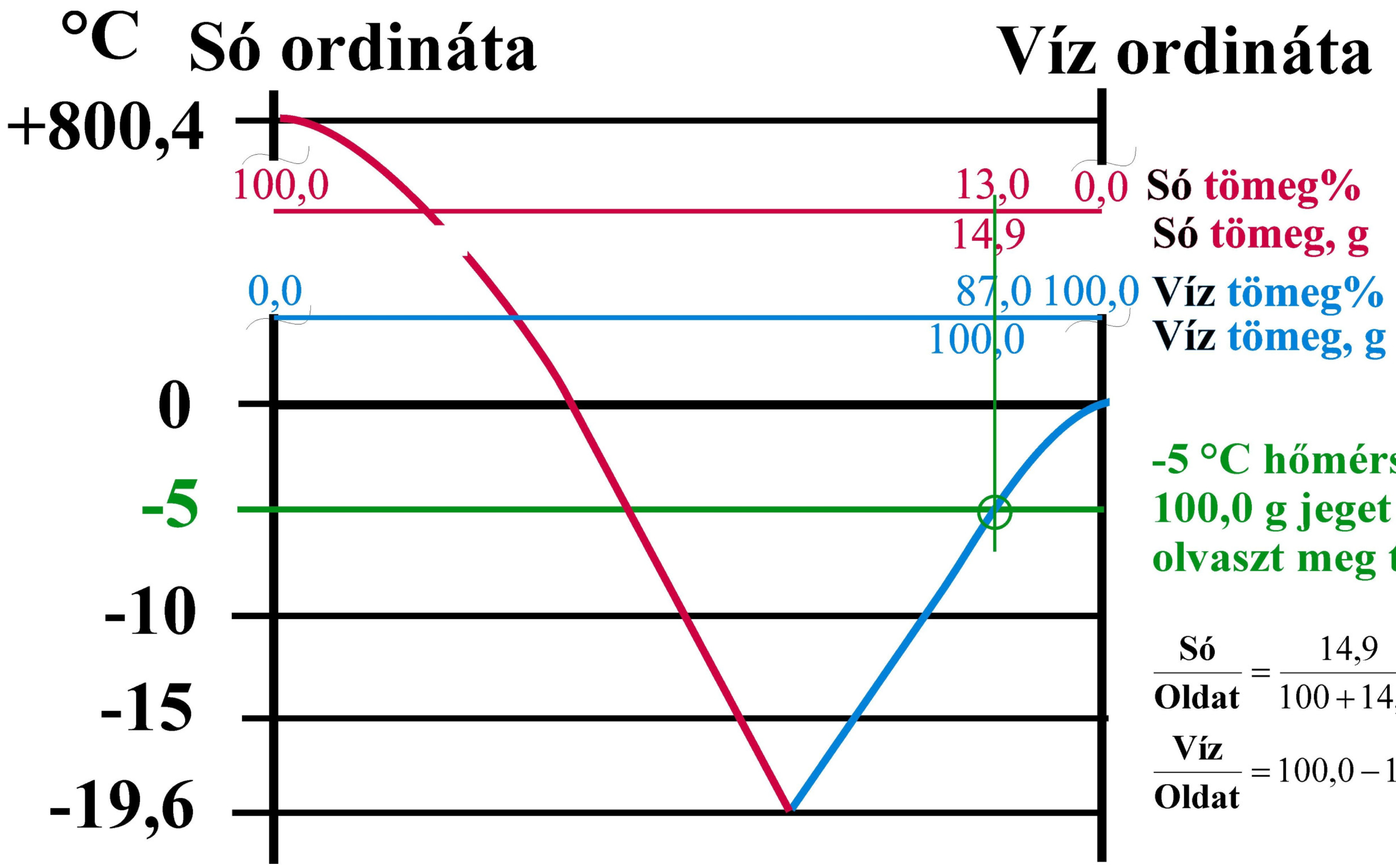
Víz tömeg, g

-19,6 °C hőmérsékleten 100 g jeget 62 g só olvaszt meg teljesen

$$\frac{\textbf{Só}}{\textbf{Oldat}} = \frac{62}{100+62}\cdot 100 = 38{,}3\ \textbf{tömeg\%}$$

$$\frac{\textbf{Víz}}{\textbf{Oldat}} = 100{,}0 - 38{,}3 = 61{,}7\ \textbf{tömeg\%}$$

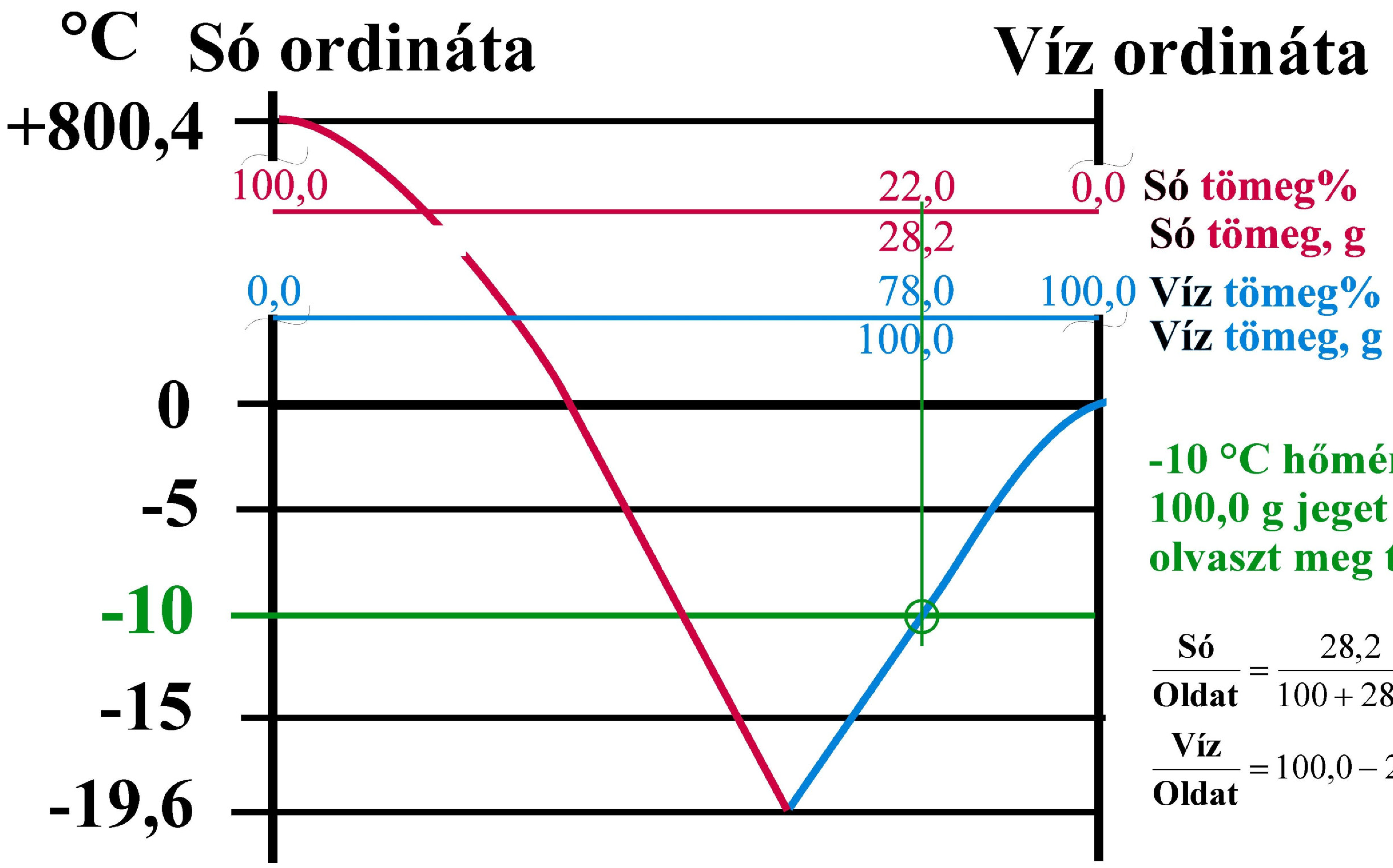
°C
Só ordináta
Víz ordináta
+800,4
100,0
0,0
Só tömeg%
14,9
Só tömeg, g
0,0
100,0
Víz tömeg%
100,0
Víz tömeg, g
0
-5
-10
-15
-19,6
-5 °C hőmérsékleten
100,0 g jeget 14,9 g só
olvaszt meg teljesen



$$\frac{\textbf{Só}}{\textbf{Oldat}} = \frac{14{,}9}{100 + 14{,}9} \cdot 100 = 13{,}0 \textbf{ tömeg\%}$$

$$\frac{\textbf{Víz}}{\textbf{Oldat}} = 100{,}0 - 13{,}0 = 87{,}0 \textbf{ tömeg\%}$$

°C
Só ordináta
Víz ordináta
+800,4
100,0
0,0
Só tömeg%
28,2
Só tömeg, g
0,0
100,0
Víz tömeg%
100,0
Víz tömeg, g
0
-5
-10
-15
-19,6
-10 °C hőmérsékleten
100,0 g jeget 28,2 g só
olvaszt meg teljesen

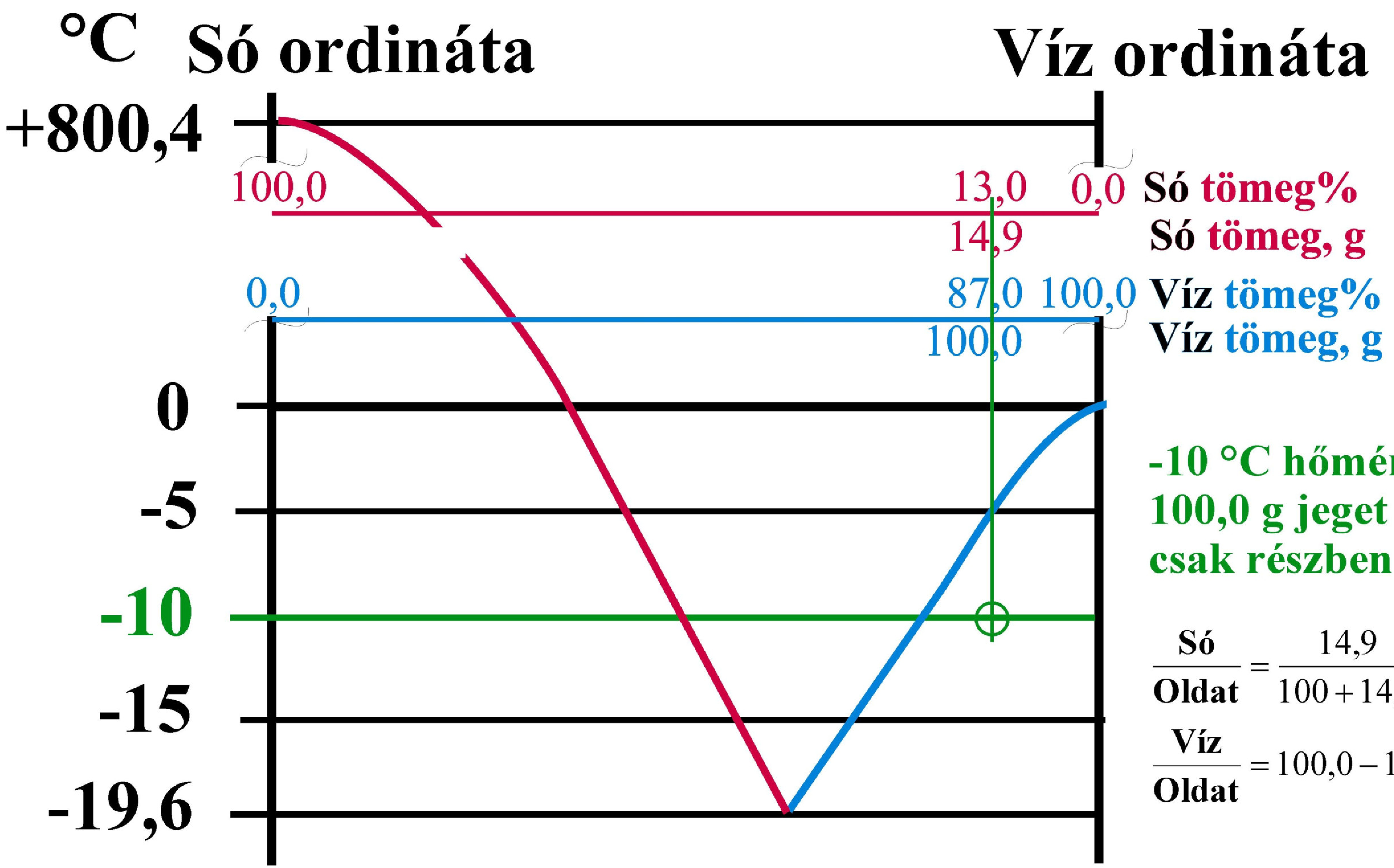


-10 °C hőmérsékleten 100,0 g jeget 28,2 g só olvaszt meg teljesen

$$\frac{\textbf{Só}}{\textbf{Oldat}} = \frac{28{,}2}{100 + 28{,}2} \cdot 100 = 22{,}0\ \textbf{tömeg\%}$$

$$\frac{\textbf{Víz}}{\textbf{Oldat}} = 100{,}0 - 22{,}0 = 78{,}0\ \textbf{tömeg\%}$$

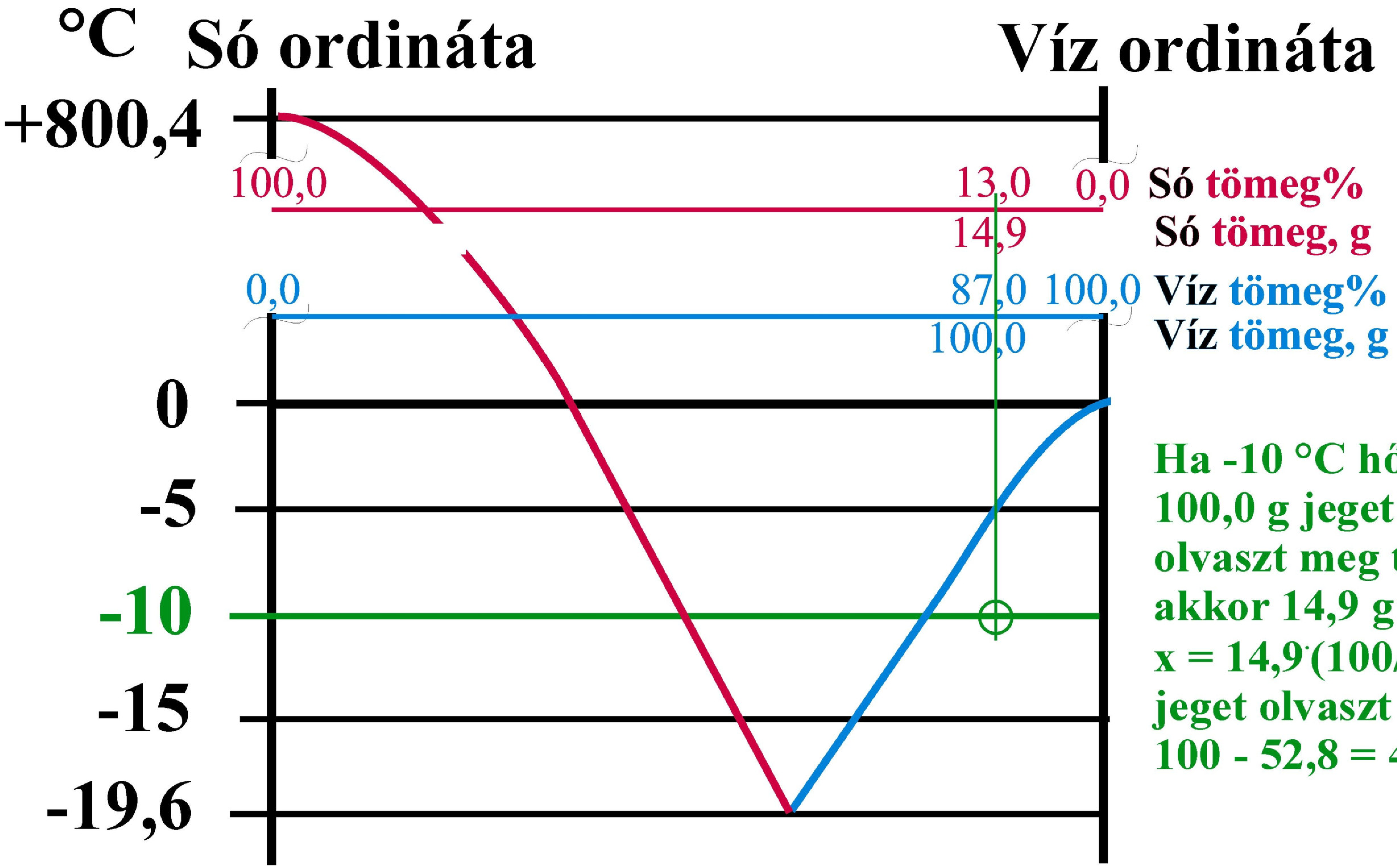
°C
Só ordináta
Víz ordináta
+800,4
100,0
0,0
Só tömeg%
14,9
Só tömeg, g
0,0
100,0
Víz tömeg%
100,0
Víz tömeg, g
0
-5
-10
-15
-19,6
-10 °C hőmérsékleten
100,0 g jeget 14,9 g só
csak részben olvaszt meg



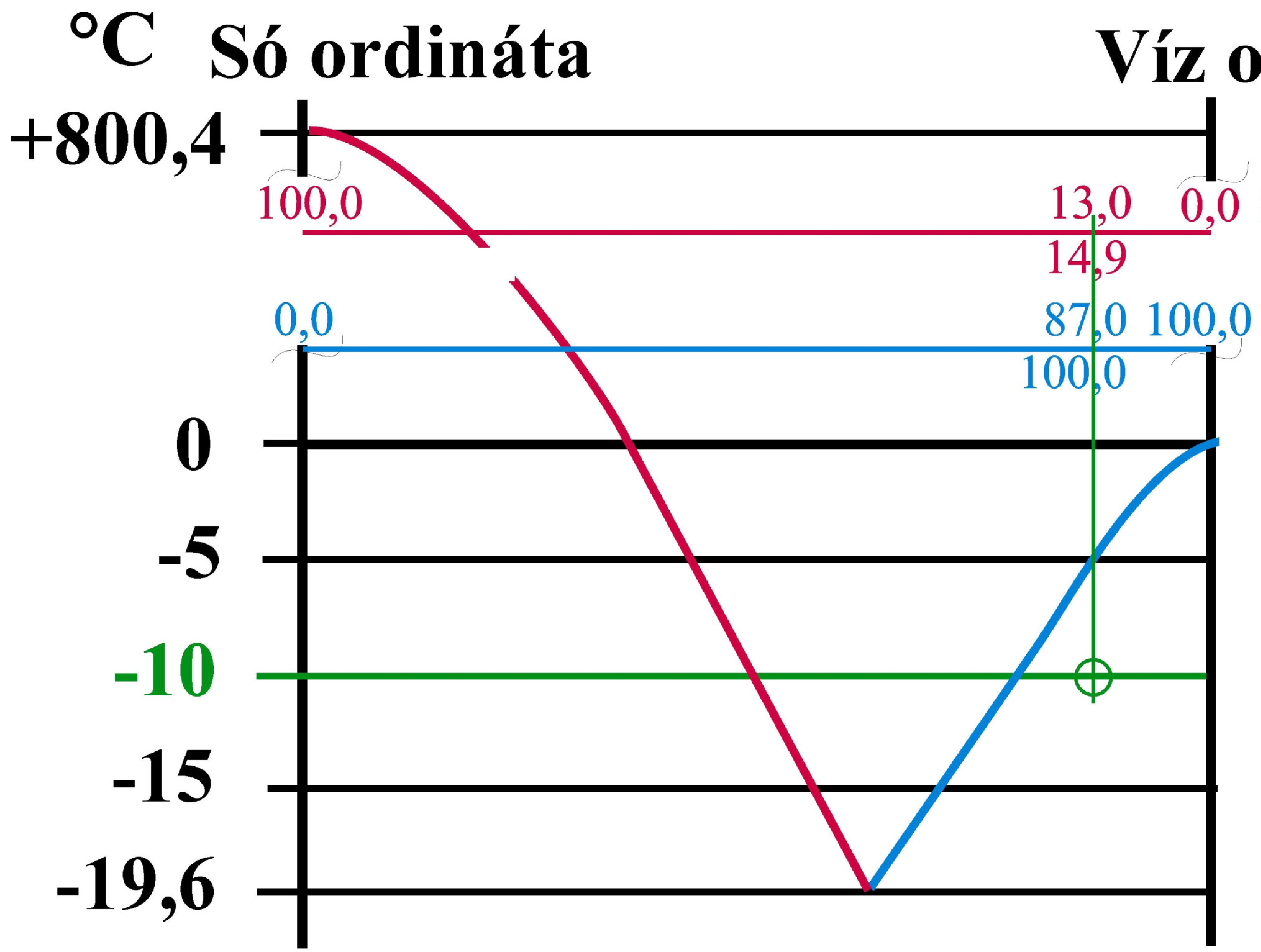
-10 °C hőmérsékleten 100,0 g jeget 14,9 g só csak részben olvaszt meg

$$\frac{\textbf{Só}}{\textbf{Oldat}} = \frac{14,9}{100+14,9} \cdot 100 = 13,0\ \textbf{tömeg\%}$$

$$\frac{\textbf{Víz}}{\textbf{Oldat}} = 100,0 - 13,0 = 87,0\ \textbf{tömeg\%}$$

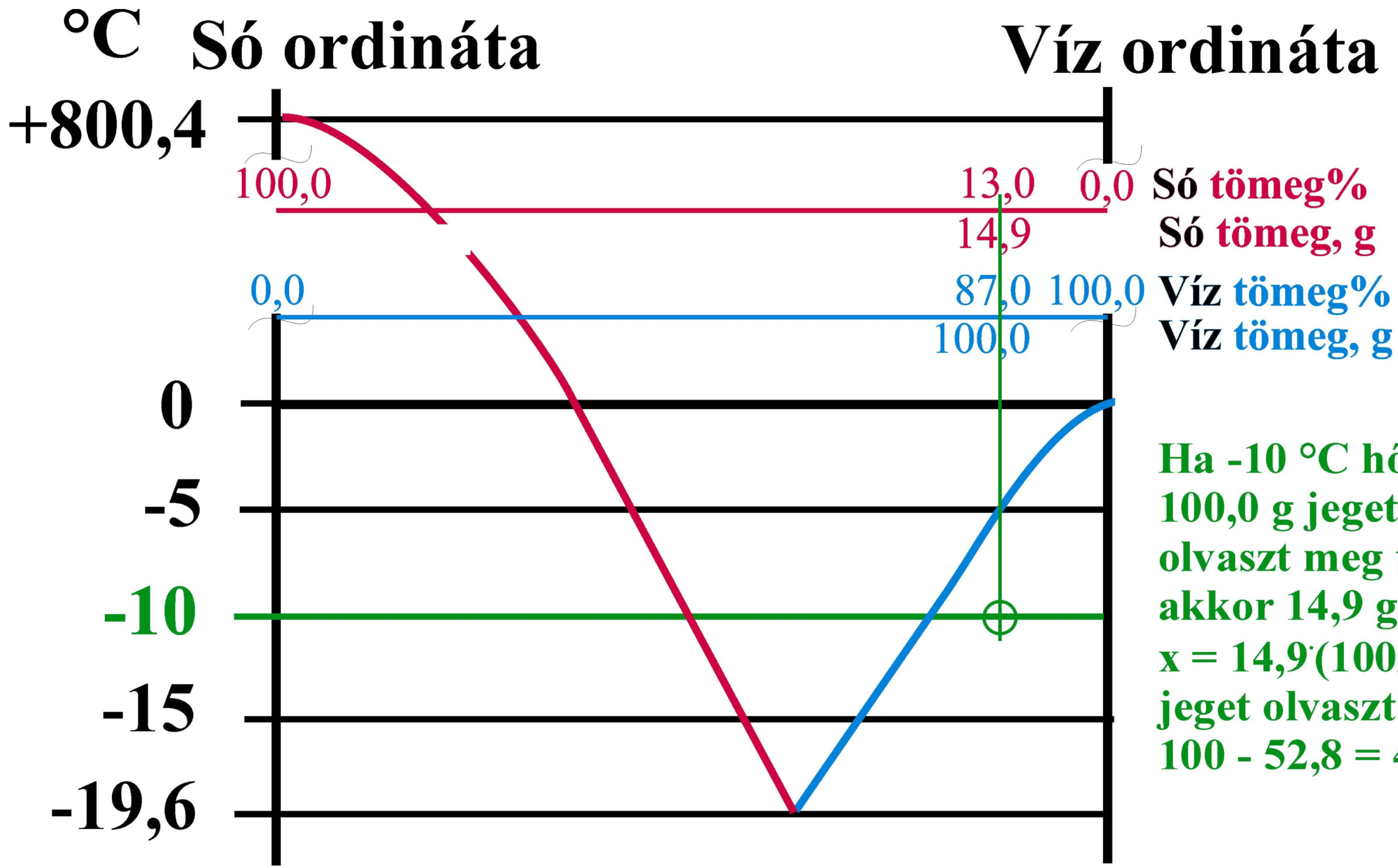


Ha -10 °C hőmérsékleten 100,0 g jeget 28,2 g só olvaszt meg teljesen, akkor 14,9 g só x = 14,9·(100/28,2) = 52,8 g jeget olvaszt meg vízzé, és 100 - 52,8 = 47,2 g jég marad



Ha -10 °C hőmérsékleten 100,0 g jeget 28,2 g só olvaszt meg teljesen, akkor 14,9 g só $x = 14{,}9 \cdot (100/28{,}2) = 52{,}8$ g jeget olvaszt meg vízzé, és 100 - 52,8 = 47,2 g jég marad

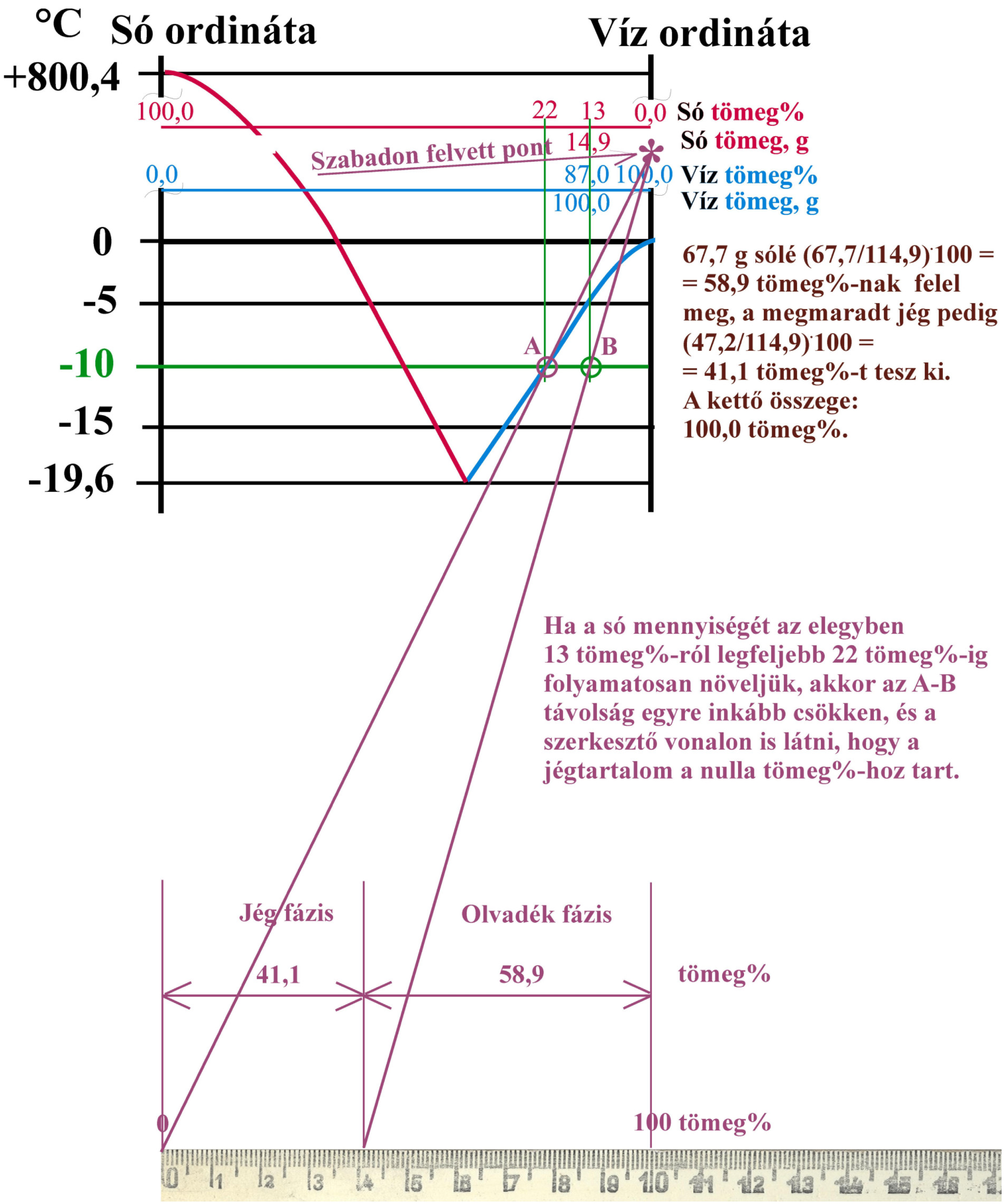
Tehát 14,9 (só) + 52,8 (víz) = 67,7 g oldatot (sólevet) kapunk, és marad 47,2 g el nem olvadt jég, amely összesen: 67,7 + 47,2 = 114,9 g (megegyezik a kiindulási 100 g jég és 14,9 g só összegével



Ha -10 °C hőmérsékleten
100,0 g jeget 28,2 g só
olvaszt meg teljesen,
akkor 14,9 g só
x = 14,9·(100/28,2) = 52,8 g
jeget olvaszt meg vízzé, és
100 - 52,8 = 47,2 g jég marad

Tehát 14,9 (só) + 52,8 (víz) = 67,7 g oldatot (sólevet) kapunk, és marad 47,2 g el nem olvadt jég, amely összesen: 67,7 + 47,2 = 114,9 g (megegyezik a kiindulási 100 g jég és 14,9 g só összegével.

A 67,7 g sólé (67,7/114,9)·100 = 58,9 tömeg%-nak felel meg, a megmaradt jég pedig (47,2/114,9)·100 = 41,1 tömeg%-t tesz ki. A kettő összege: 100,0 tömeg%.



67,7 g sólé (67,7/114,9)·100 =
= 58,9 tömeg%-nak felel meg, a megmaradt jég pedig (47,2/114,9)·100 =
= 41,1 tömeg%-t tesz ki.
A kettő összege:
100,0 tömeg%.

Ha a só mennyiségét az elegyben 13 tömeg%-ról legfeljebb 22 tömeg%-ig folyamatosan növeljük, akkor az A-B távolság egyre inkább csökken, és a szerkesztő vonalon is látni, hogy a jégtartalom a nulla tömeg%-hoz tart.

ÚTSZÓRÁS
epoke
M5 AUTÓPÁLYA
Mercedes-Benz
2009/10/20 12:

Az olvasztósók hozzávetőleges eutektikus adatai

Olvasztósó		Eutektikus		Gyakorlati olvasztási határ-hőmérséklet, °C
megnevezése	képlete	Hőmér-séklet, °C	Só-tartalom, tömeg%	
Nátrium-klorid (konyhasó)	$NaCl$	-19,6	38,3	-17
Kálium-klorid	KCl	-10,6	19,8	-6
Kalcium-klorid	$CaCl_2$	-55,0	29,8	-45
Magnézium-klorid	$Mg\ Cl_2$	-33,6	21,6	-30
Karbamid (urea)	$O=C(NH_2)_2$	-11,5	32,6	-6

A sóval takarékosan kell bánni. Ártalmas az építményekre, beleértve a csatorna hálózatot is.

A betonba és vasbetonba szivárgó és a felületen lévő só-oldat többféleképpen is kifejti korrodáló hatását. A beszivárgó klorid az acélbetétet megtámadja, ez megrepesztheti a betont, és akár acélbetét szakadáshoz is vezethet. A beton pórusaiban a túltelített klorid-oldatból sókristályok válnak ki, amelyeknek szintén repesztő hatásuk van. A jégnél alacsonyabb olvadáspontú só-oldat a beton felületi rétegét 5-10 °C-kal lehűti, és az ébredő húzófeszültségek repedéseket okozhatnak. Ha a lehűlés sebessége gyors, akkor hő sokkról beszélünk, és fokozottabb károkra számíthatunk. Különösen veszélyes, ha a fiatal betont éri az olvasztósó- és fagyhatás.

Útbetonok esetén védelmet jelent a légbuborékos beton alkalmazása, egyébként pedig a tömör beton készítése.

A só a növényvilágra is károsan hat, és a vizeket is szennyezi.

Az olvasztósó
a kutyák
talpát is
kimarja.
2009/9/6 15

Jégolvasztószerként gazdasági szempontok miatt általában szervetlen sókat, elsősorban nátrium-kloridot és ritkábban, ha igen hideg van, kalcium-kloridot, kálium-kloridot vagy folyékony magnézium-klorid oldatot alkalmaznak. A betont legjobban a magnézium-klorid támadja.

A nátrium-kloridhoz homokot és fűrészport, valamint tapadásgátlóként kevés sárgavérlúgsót is szoktak keverni.

A repülőtéri betonpályák jégolvasztását vegyszeresen – a nagy értékű repülőgépek védelmében – szervesanyagokkal, például izopropil-alkohol és glikol keverékével, vagy glicerinnel, vagy az ugyancsak szerves kabamiddal, továbbá ezek keverékével oldják meg. A szervesanyagok a járműveket nem, de a betont fizikailag és kémiailag is károsítják.

A sózás alternatívája általában pernye (hamu), homok, finom zúzottkő (zúzalék) stb. szórás, amely a jég olvadáspontját ugyan nem szállítja le, de csökkenti a csúszásveszélyt.

A magyar gyártású ÚTKÁLI nevű, csúszásgátlót is tartalmazó jégoldó keverék a nátrium-kloridinál kevésbé környezetkárosító.

Biztonsági adatlapja szerint az ÚTKÁLI magas kálium és kalcium tartalmú, magnéziummal dúsított jégoldószer kálium, kalcium, magnézium hatóanyaga miatt, közvetlenül serkentő hatással van az élő növényzetre, és mind emellett garantálja a biztonságos téli közlekedést –28 ºC hőmérsékletig. Mivel jégoldó képessége nagyobb, mint a jelenleg közutakon túlnyomó részben használt nátrium klorid jégmentesítőé, ezért a fajlagosan felhasznált mennyiség is jelentősen kisebb.

Környezetbarát jellege miatt az értékes hatóanyagok, mint a kálium, kalcium, magnézium (K+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) beépül az élő növényzetbe anélkül, hogy jelentősen korrodálná az aszfaltot, illetve a betont. A magnézium-tartalom folytán a fémfelületeken is jelentősen csökkenti a korrózió sebességét a nátrium-klorid síkosság mentesítővel szemben.

Az ÚTIKÁLI összetétele: Kálium-klorid: 30,0-45,0 %, kalcium-klorid: 30,0-45,0 %, magnézium-klorid: 0,1-4,0 %, nátrium-klorid: 0,1-11,0 %.

A jégolvasztósózás a hóra kevéssé hat, ezért a sózás előtt a havat célszerű eltolni, ellapátolni, elseperni.

Magyarországon a fás szárú növények (fák és cserjék) védelméről szóló 346/2008. (XII. 30.) Korm. rendelet 5. §-ának (2) bekezdése 2010. szeptember 1-jén lépett hatályba.

Ebben az áll, hogy „Belterületi közterületen - a közúti forgalom számára igénybe vett terület (úttest) kivételével - a síkosság-mentesítésre olyan anyag használható, amely a közterületen vagy annak közvetlen környezetében lévő fás szárú növény egészségét nem veszélyezteti."

***Kubisch Ildikó* a *Verlag Dashöfer Szakkiadó Kft.* http://www.epitinfo.hu című honlapján 2010. december 10-én ezzel kapcsolatban lényegében a következőket írta:**

A fenti rendelet rendelkezéseivel összhangban a járdákon és a kerékpár-utakon a sók (kloridok), vagy só tartalmú síkosság-mentesítő anyagok használata tilos. Ezért a csúszás veszély csökkentésére a járdákon és a kerékpár-utakon leginkább *zeolit* használata javasolható.

A zeolit nem károsítja a természetes környezetet, sőt még használ is fáknak és cserjéknek, mert a talajba szivárogva nyomelemeket juttat a növényhez.

A zeolit 1,0-2,5 mm-es szemnagyságban, 25 kg-os csomagolásban vásárolható meg a kiskereskede-lemben. (Forrás: Kubisch Ildikó)

A 10 mm átmérőjű alumínium rúd hőtágulásának mérése L=120 mm alaphosszon, indikátor órák és termoelem alkalmazásával

Lineáris hőtágulás:	Llneáris hőtágulási együttható (α), [1/°C]
$\Delta l = \alpha \times L \times \Delta T$ $\frac{\Delta l}{L} = \varepsilon = \frac{\varepsilon^{\%o}}{1000} = \alpha \times \Delta T$	$\alpha = \frac{\varepsilon}{\Delta T} = \frac{\varepsilon^{\%o}}{1000 \times \Delta T}$ $\alpha = \frac{0,019}{1000} = 19,0 \times 10^{-6}$

Idő perc	Indikátor óra leolvasás, mm			ε %o	Hőmér-séklet növe-kedés, °C
	bal	jobb	Δl, átlag		
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0
0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	1
1,0	0,020	0,010	0,015	0,125	9
1,5	0,070	0,025	0,048	0,396	23
2,0	0,110	0,065	0,088	0,729	42
2,5	0,155	0,103	0,129	1,075	58
3,0	0,190	0,130	0,160	1,333	73
3,5	0,215	0,160	0,188	1,563	84
4,0	0,245	0,190	0,218	1,813	97
4,5	0,275	0,215	0,245	2,042	108
5,0	0,295	0,235	0,265	2,208	117
5,5	0,310	0,250	0,280	2,333	124
6,0	0,320	0,260	0,290	2,417	131

Idő perc	ε %o
0,0	0,000
0,5	0,000
1,0	0,125
1,5	0,396
2,0	0,729
2,5	1,075
3,0	1,333
3,5	1,563
4,0	1,813
4,5	2,042
5,0	2,208
5,5	2,333
6,0	2,417

Idő perc	Hőmér-séklet növe-kedés °C
0,0	0
0,5	1
1,0	9
1,5	23
2,0	42
2,5	58
3,0	73
3,5	84
4,0	97
4,5	108
5,0	117
5,5	124
6,0	131

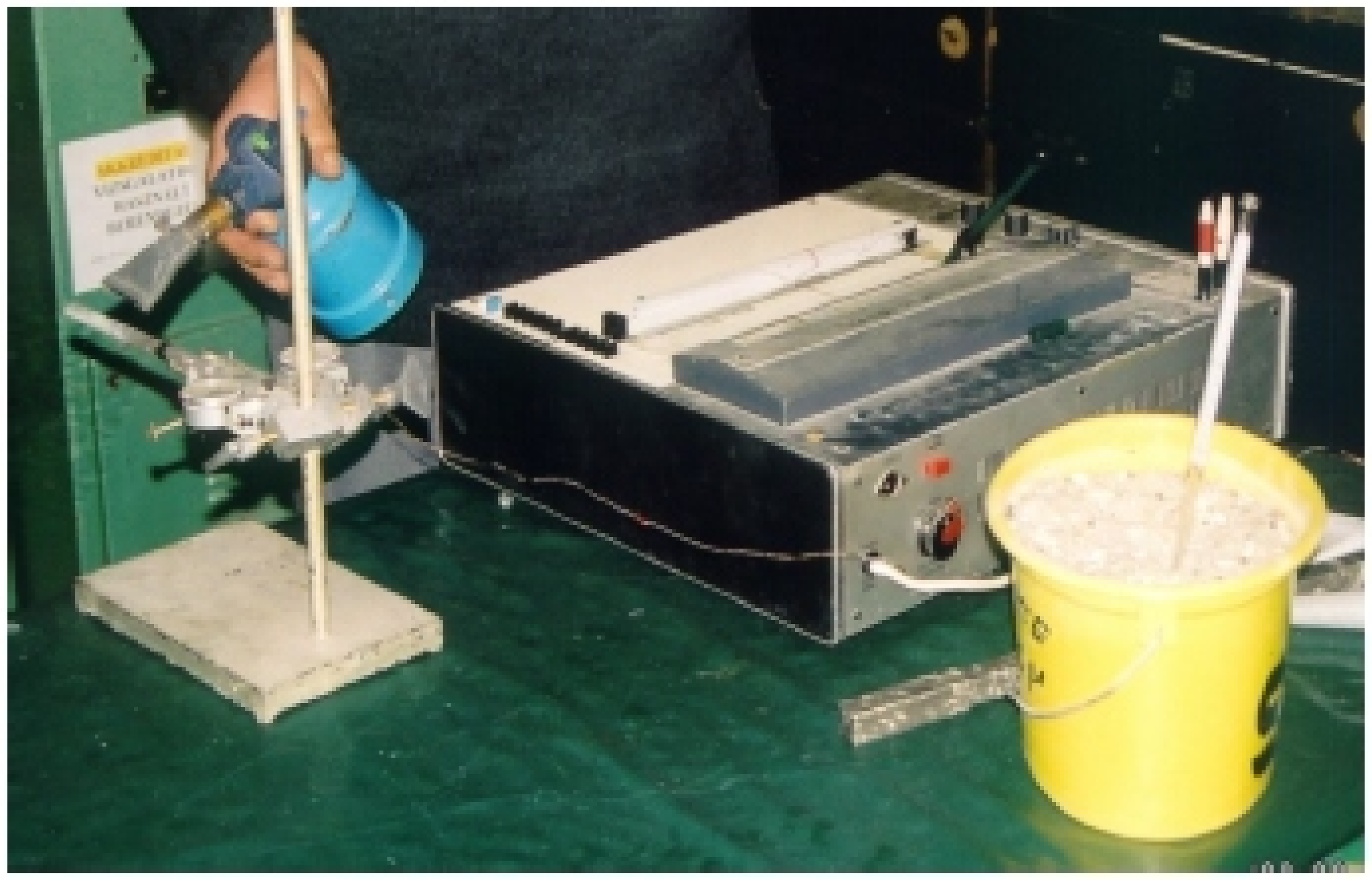
Hőmér-séklet növe-kedés °C	ε %o
0	0,000
1	0,000
9	0,125
23	0,396
42	0,729
58	1,075
73	1,333
84	1,563
97	1,813
108	2,042
117	2,208
124	2,333
131	2,417

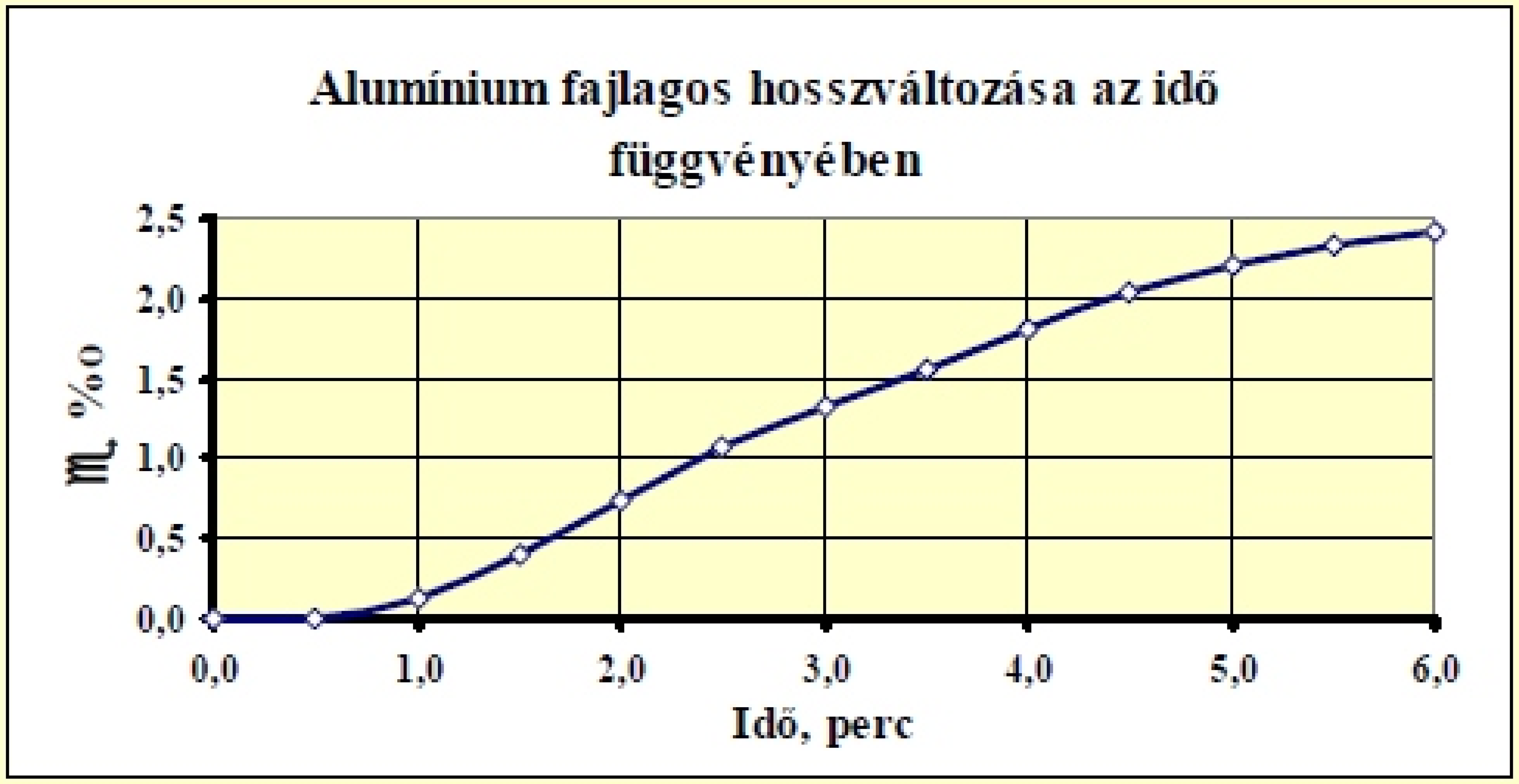
Néhány anyag lineáris hőtágulási együtthatója az irodalom (Palotás László: Mérnöki szerkezetek anyagtana 1.) szerint

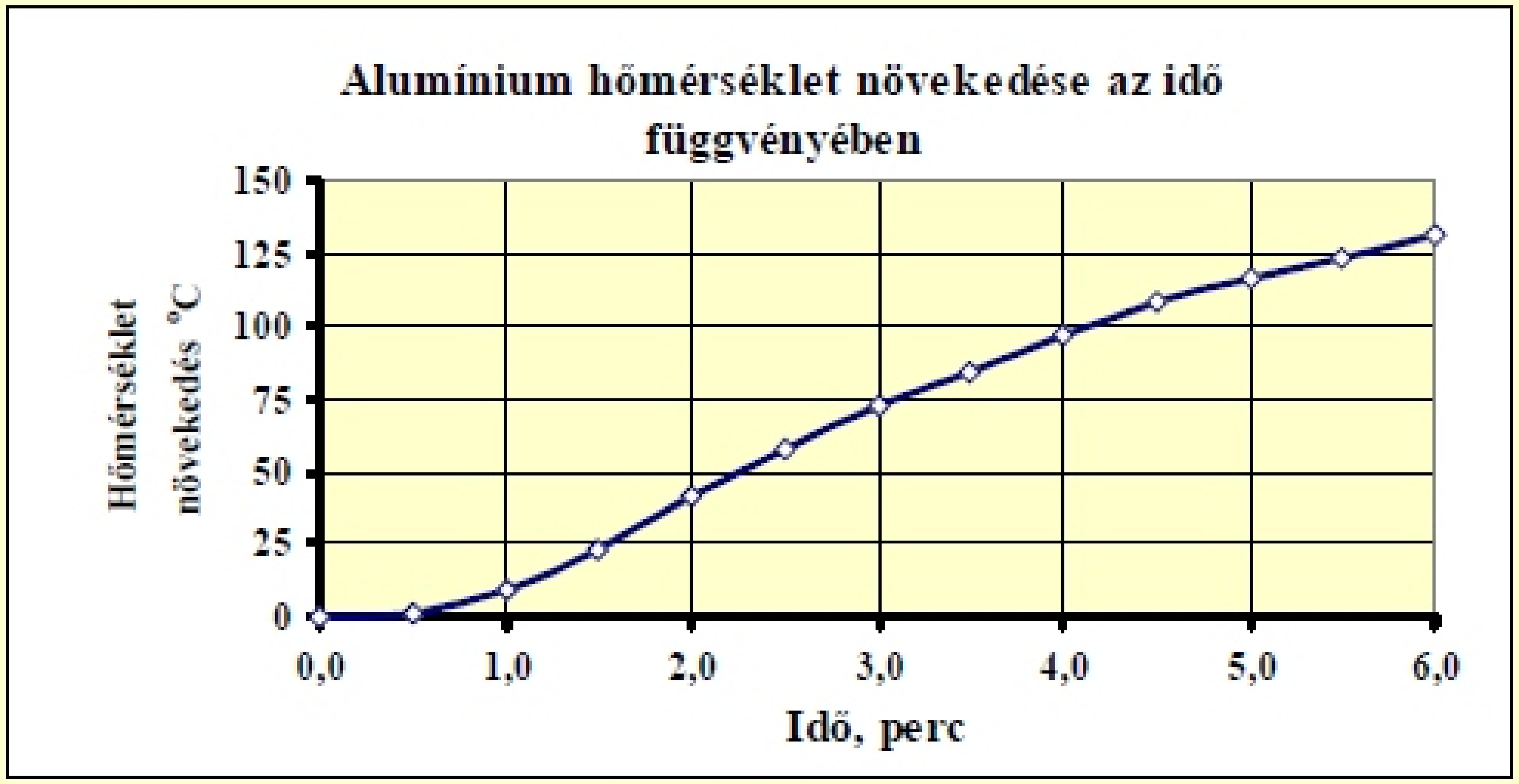
Anyag	α [1/°C]
Acél	$11{,}9*10^{-6}$
Alumínium	$23{,}9*10^{-6}$
Bazalt	$8{,}0*10^{-6}$
Beton	$12{,}0*10^{-6}$
Cementkő	$18{,}5*10^{-6}$
Cink	$30{,}0*10^{-6}$
Gránit	$8{,}0*10^{-6}$
Gipsz	$25{,}0*10^{-6}$
Gipszhabarcs	$14{,}0*10^{-6}$
Gyémánt	$1{,}3*10^{-6}$
Jég	$52{,}5*10^{-6}$
Kvarc	$11{,}0*10^{-6}$
Márvány	$5{,}0*10^{-6}$
Cink	$30{,}0*10^{-6}$

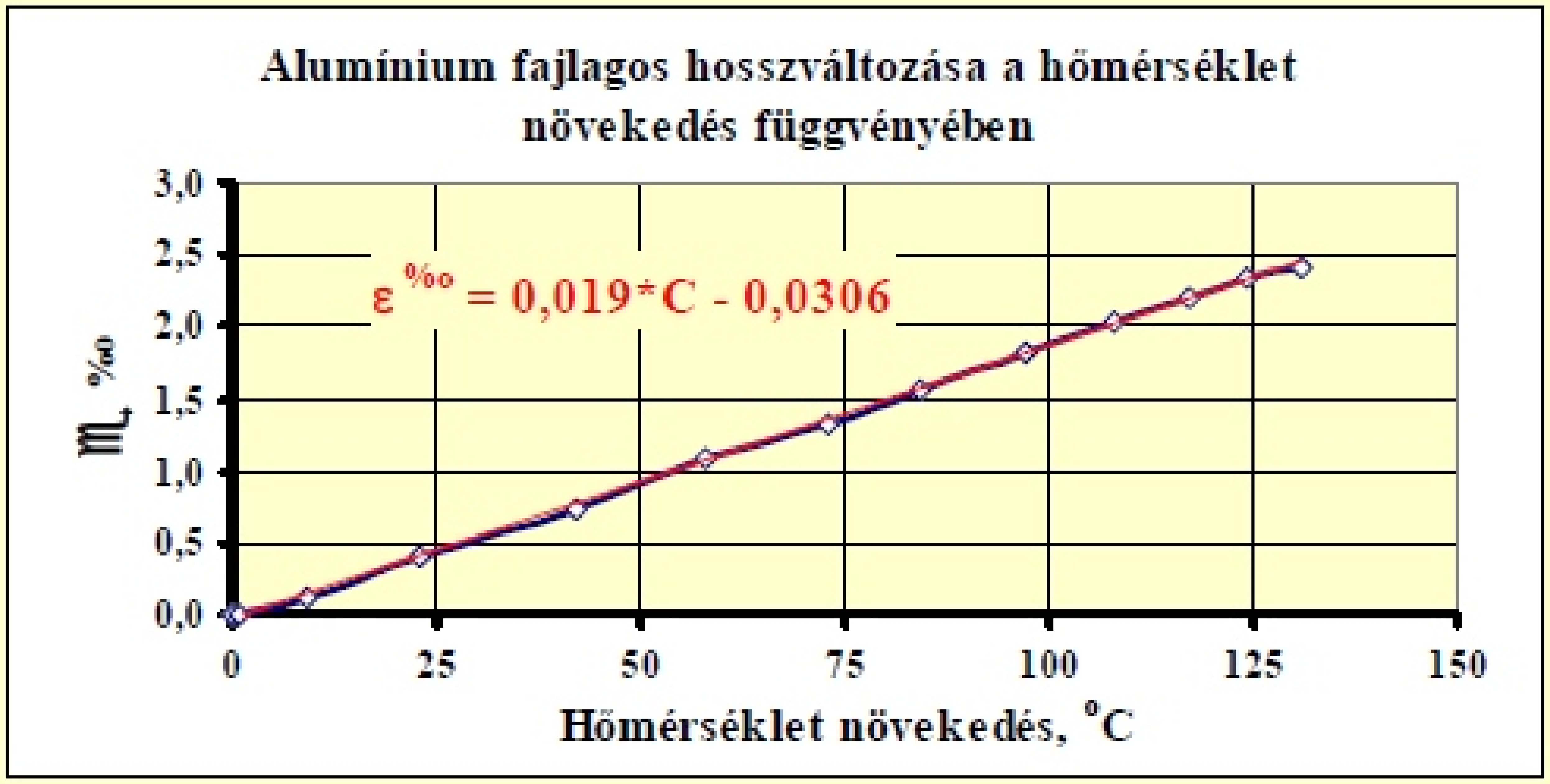
Anyag	α [1/°C]
Gránit	$8{,}0*10^{-6}$
Gipsz	$25{,}0*10^{-6}$
Gipszhabarcs	$14{,}0*10^{-6}$
Gyémánt	$1{,}3*10^{-6}$
Jég	$52{,}5*10^{-6}$
Kvarc	$11{,}0*10^{-6}$
Márvány	$5{,}0*10^{-6}$
Mészkő	$6{,}9*10^{-6}$
Réz	$16{,}8*10^{-6}$
Szilícium	$7{,}0*10^{-6}$
Tégla	$9{,}0*10^{-6}$
Üveg	$5{,}0*10^{-6}$
Víz	$60{,}0*10^{-6}$

Többek között azért lehet vasbetont készíteni, mert az acél és a beton hőtágulási együtthatója közel egyforma érték.




Alumínium fajlagos hosszváltozása az idő függvényében
ε, ‰
Idő, perc
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
0,0
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
6,0


Alumínium hőmérséklet növekedése az idő függvényében
Hőmérséklet növekedés °C
Idő, perc
0
25
50
75
100
125
150
0,0
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
6,0


Alumínium fajlagos hosszváltozása a hőmérséklet növekedés függvényében
ε ‰ = 0,019*C - 0,0306
ε, ‰
Hőmérséklet növekedés, °C
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
0
25
50
75
100
125
150

Ide kattintva a diagram kinagyítható **Hőmérsékletváltozás diagram** 1997. október 7-i mérés

Kérem tekintse meg
a „Hossz- és hosszváltozás mérés” oldalakat,
és nézze meg a „Hőtágulásmérés 1. rész”,
„Hőtágulásmérés 2. rész”,
„Hőtágulásmérés 3. rész” videofilmeket is.

-